

Ontario

Ministère de l'Agriculture,  
de l'Alimentation et  
des Affaires rurales

## Les eaux souterraines — Une ressource rurale importante

# COMPRENDRE LES EAUX SOUTERRAINES

H. Simpson, B. Conant et J. Myslik

Imprimé en novembre 2007

Les Ontariens peuvent tous contribuer à préserver la qualité et l'abondance des eaux souterraines. Voici la première de quatre fiches techniques d'une série consacrée aux eaux souterraines. Cette fiche vise à renseigner les producteurs et la population rurale en général sur les conditions qui influencent la présence, les déplacements et la qualité des eaux souterraines, la façon de protéger cette ressource en bonne partie invisible, et sur les raisons qui font que certains matériaux géologiques constituent une meilleure source d'eau que d'autres.

Les autres fiches de cette série sont :

- *Gérer les réserves d'eaux souterraines* (n° 06-114);
- *Protéger la qualité des réserves d'eaux souterraines* (n° 06-116);
- *Les puits d'eau privés en milieu rural* (n° 06-118).

En milieu rural, pouvoir compter sur une source fiable d'eau propre est indispensable à la santé de la population et des entreprises, dont les fermes. En Ontario, la plupart des habitations et des entreprises établies à la campagne et 23 % de la population en général comptent sur les eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau. Dans certaines régions, les eaux souterraines peuvent constituer l'unique source d'eau.

L'eau se déplace constamment. La présente fiche technique explique d'où viennent les eaux souterraines, comment celles-ci sont alimentées, comment elles se déplacent dans le sol et pourquoi certains matériaux géologiques constituent une meilleure source d'eau que d'autres. On y présente la terminologie et les notions propres aux eaux souterraines, comme « aquifère », « aquitard », « porosité », « formation » et « perméabilité ». Les autres fiches techniques de la série traitent des facteurs qui peuvent compromettre l'intégrité des puits et proposent des moyens de réduire au minimum les risques de contamination de l'eau.

### CYCLE DE L'EAU

L'eau se déplace constamment d'un point à un autre. Elle change même de forme en cours de route, passant de la phase gazeuse (vapeur) à la phase liquide, de la phase liquide à la phase solide, et de la phase liquide à la phase gazeuse. Le périple sans fin de l'eau suit un cours appelé

« cycle hydrologique » ou « cycle de l'eau » (*figure 1*). Une fois à la surface du sol, l'eau provenant des précipitations ou l'eau de fonte peut soit ruisseler à la surface du sol et gagner des étendues d'eau (lacs et cours d'eau), soit s'infiltrer dans le sol et être absorbée par les végétaux ou servir à alimenter les réserves d'eaux souterraines. Elle peut aussi s'évaporer de la surface du sol ou des étendues d'eau, ou être libérée par la transpiration des végétaux et être relâchée dans l'atmosphère, le cumul de l'évaporation et de la transpiration étant appelé « évapotranspiration ». Le cycle est complet quand l'eau présente sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère retombe au sol à la faveur des précipitations.

L'eau souterraine est l'eau qui s'infiltré dans le sol et traverse les matériaux (roches et sédiments, par exemple) qui constituent le sous-sol. Tôt ou tard, l'eau jaillit dans une source, un cours d'eau, un lac ou des terres humides. Elle est alors évacuée vers la surface et fait désormais partie des eaux de surface.

### EAU SOUTERRAINE

Une fois dans le sol, l'eau s'infiltré et se déplace dans les matériaux qui composent le sous-sol. Près de la surface, on trouve différents types de roches, dont le granit, le schiste argileux, le grès et le calcaire. Dans bien des régions, le substrat rocheux est recouvert de dépôts de

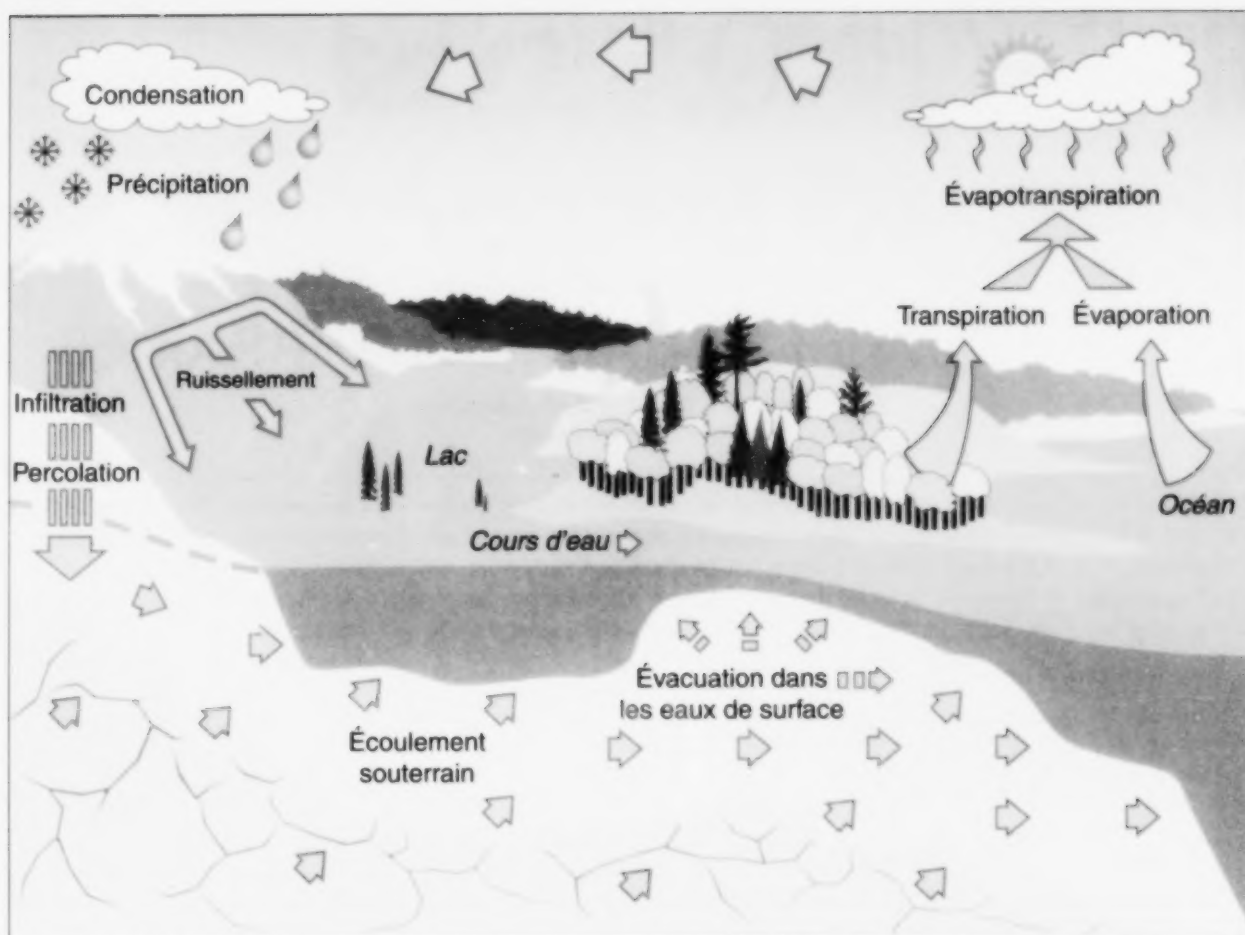


Figure 1. Le cycle de l'eau.

sédiments, dont l'argile, le limon, le sable et le gravier. On appelle « formation » une couche rocheuse ou sédimentaire qui est constituée de types de matériaux géologiques en particulier (un ou plusieurs).

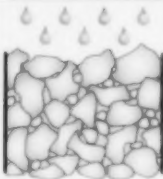
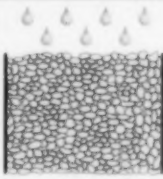
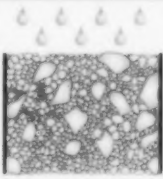



Les formations renferment des pores (de petits espaces vides). La « porosité » s'entend du volume de l'espace poral total du sol contenu dans un volume donné de matériau (roches ou sédiments). Elle s'exprime en pourcentage. Plus grande est la porosité d'une formation, plus grand est le volume d'eau que cette formation est à même de retenir. La porosité de formations de sable et de gravier peut atteindre 25–50 %, tandis que celle de certains substrats rocheux très denses peut être inférieure à 0,1 %.

La porosité varie selon la formation. Plus grande est la porosité, plus grande est la quantité d'eau que la formation peut contenir.

La vitesse à laquelle l'eau se déplace à l'intérieur d'une formation dépend de la porosité de cette formation et,

surtout, de la façon dont les pores communiquent entre eux. Ainsi, l'eau se déplace rapidement dans des formations constituées de matériaux dont les pores sont gros, nombreux et interreliés, comme le gravier ou les roches très fracturées. Par contre, l'eau se déplace lentement dans l'argile et d'autres formations constituées de matériaux possédant des pores petits qui ne communiquent pas entre eux. Les formations qui laissent l'eau s'écouler facilement et rapidement, comme celles qui sont constituées de dépôts de sable et de gravier ou de grès sont « hautement perméables ». À l'inverse, les formations constituées d'argile, de limon et de granit non fracturé le sont beaucoup moins (figure 2).

Près de la surface du sol, les pores sont habituellement remplis d'un mélange d'air et d'eau; l'espace poral est alors dit « non saturé ». Plus profondément dans le sol, les pores sont remplis d'eau; ils sont constamment « saturés ». On entend par « nappe phréatique » le niveau dans le sol au-dessus duquel l'espace poral est non saturé et sous lequel il est saturé.

GRAVIER	SABLE FIN	LOAM
		
RAPIDE	MOYENNE	MOYENNE
GRANIT FRACTURÉ	CALCAIRE FRACTURÉ	ARGILE LOURDE
		
DE LENTE À MOYENNE	DE LENTE À MOYENNE	LENTE

**Figure 2.** Vitesse de déplacement de l'eau dans divers matériaux géologiques.

La nappe phréatique monte ou descend, au rythme des variations saisonnières des précipitations, de l'évapotranspiration et du pompage de l'eau des puits. Tous les puits tirent leur eau d'une profondeur située sous le niveau de la nappe phréatique.

Le pompage de l'eau d'un puits a pour effet de modifier le volume des eaux souterraines et la direction d'écoulement de l'eau sous la surface du sol. Pour des précisions sur ce phénomène, voir la fiche technique n° 06-114 du MAAARO, *Gérer les réserves d'eaux souterraines*.

### AQUIFÈRES ET AQUITARDS

Un aquifère est une formation perméable saturée (imprégnée d'eau) qui peut fournir des quantités utiles d'eau par pompage. Les aquifères les plus productifs, constitués de sable et de gravier, sont habituellement vastes et profonds et sont alimentés par les eaux de pluie qui s'infiltrent dans le sol. Les aquitards (ou couches encaissantes) sont constitués de matériaux peu perméables, notamment d'argile ou de schiste argileux, qui opposent une résistance au passage de l'eau.

Contrairement à la croyance populaire, les eaux souterraines ne s'écoulent pas dans des rivières souterraines.

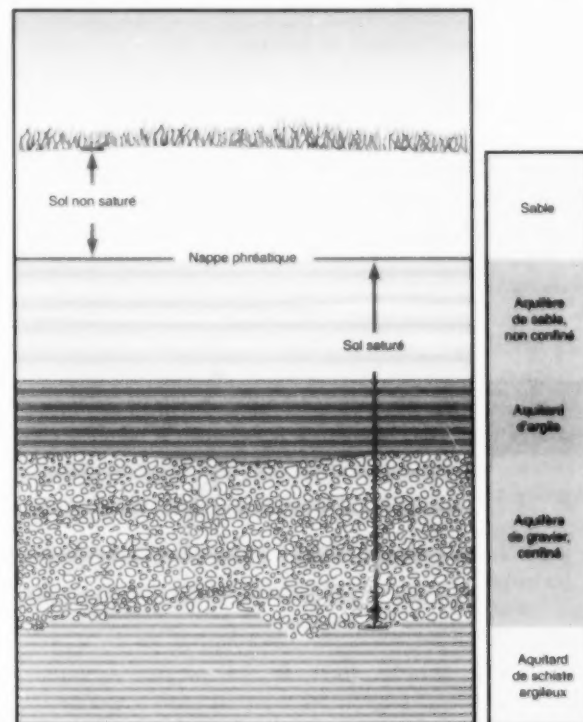
Il existe trois grands types d'aquifères :

- Les aquifères non confinés (à nappe libre) dont la surface correspond au niveau de la nappe phréatique.

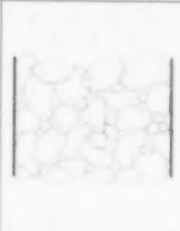





- Les aquifères confinés (à nappe captive), des formations perméables sous-jacentes à un aquitard ou « sandwichées » entre deux aquitards.
- Les aquifères partiellement confinés ou semi-captifs, qui ressemblent à des aquifères confinés, si ce n'est que les aquitards qui les bordent sont plus perméables et se laissent traverser par passablement d'eau.

Les aquifères non confinés sont souvent ceux qu'on retrouve le plus près de la surface du sol et qui sont le plus facilement accessibles. Les aquifères confinés et partiellement confinés sont souvent situés plus profondément dans le sol. Plus un aquifère confiné ou partiellement confiné est profond et plus la couche de matériau qui le recouvre est épaisse, plus cet aquifère et son eau sont protégés des contaminations. Ce point est abordé plus en détails dans la fiche technique n° 06-116 du MAAARO, *Protéger la qualité des réserves d'eaux souterraines*.

La figure 3 illustre différents aquifères. Dans le cas des aquifères non confinés, la nappe phréatique coïncide avec le dessus de l'aquifère. On parle d'aquifère confiné quand la formation perméable est surmontée d'un aquitard, ou quand elle est confinée entre deux aquitards (tel qu'il est illustré). Un aquifère partiellement confiné ou semi-captif (non illustré) ressemble à un aquifère confiné, sauf que l'un des aquitards qui le bordent est plus perméable et laisse passablement d'eau le traverser et rejoindre l'aquifère.



**Figure 3.** Vue en coupe de différentes formations aquifères.

GRAVIER	SABLE FIN	LOAM
		
GRANIT FRACTURE	CALCAIRE FRACTURE	ARGILE LOURDE
		
DE LENTE A MOYENNE	DE LENTE A MOYENNE	LENTE

**Figure 2.** Vitesse de déplacement de l'eau dans divers matériaux géologiques.

La nappe phréatique monte ou descend, au rythme des variations saisonnières des précipitations, de l'évapotranspiration et du pompage de l'eau des puits. Tous les puits tirent leur eau d'une profondeur située sous le niveau de la nappe phréatique.

Le pompage de l'eau d'un puits a pour effet de modifier le volume des eaux souterraines et la direction d'écoulement de l'eau sous la surface du sol. Pour des précisions sur ce phénomène, voir la fiche technique n° 06-114 du MAAARO, *Gérer les réserves d'eaux souterraines*.

## AQUIFÈRES ET AQUITARDS

Un aquifère est une formation perméable saturée (imprégnée d'eau) qui peut fournir des quantités utiles d'eau par pompage. Les aquifères les plus productifs, constitués de sable et de gravier, sont habituellement vastes et profonds et sont alimentés par les eaux de pluie qui s'infiltrent dans le sol. Les aquitards (ou couches encaissantes) sont constitués de matériaux peu perméables, notamment d'argile ou de schiste argileux, qui opposent une résistance au passage de l'eau.

Contrairement à la croyance populaire, les eaux souterraines ne s'écoulent pas dans des rivières souterraines.

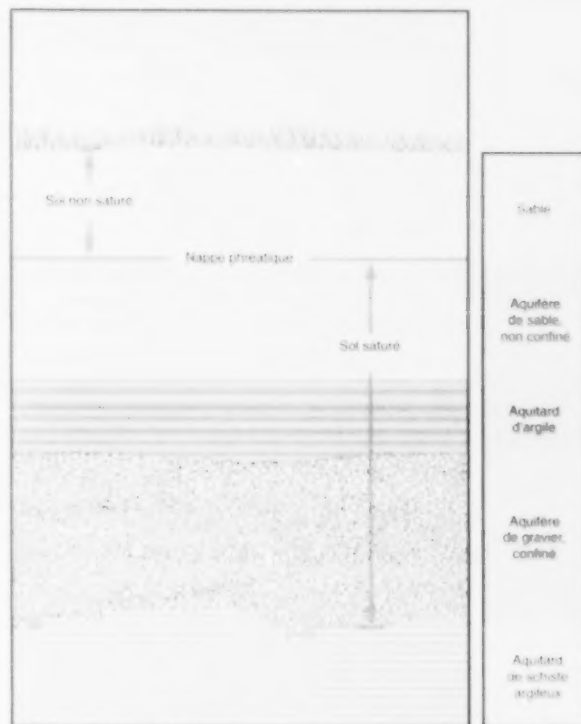
Il existe trois grands types d'aquifères :

- Les aquifères non confinés (à nappe libre) dont la surface correspond au niveau de la nappe phréatique.

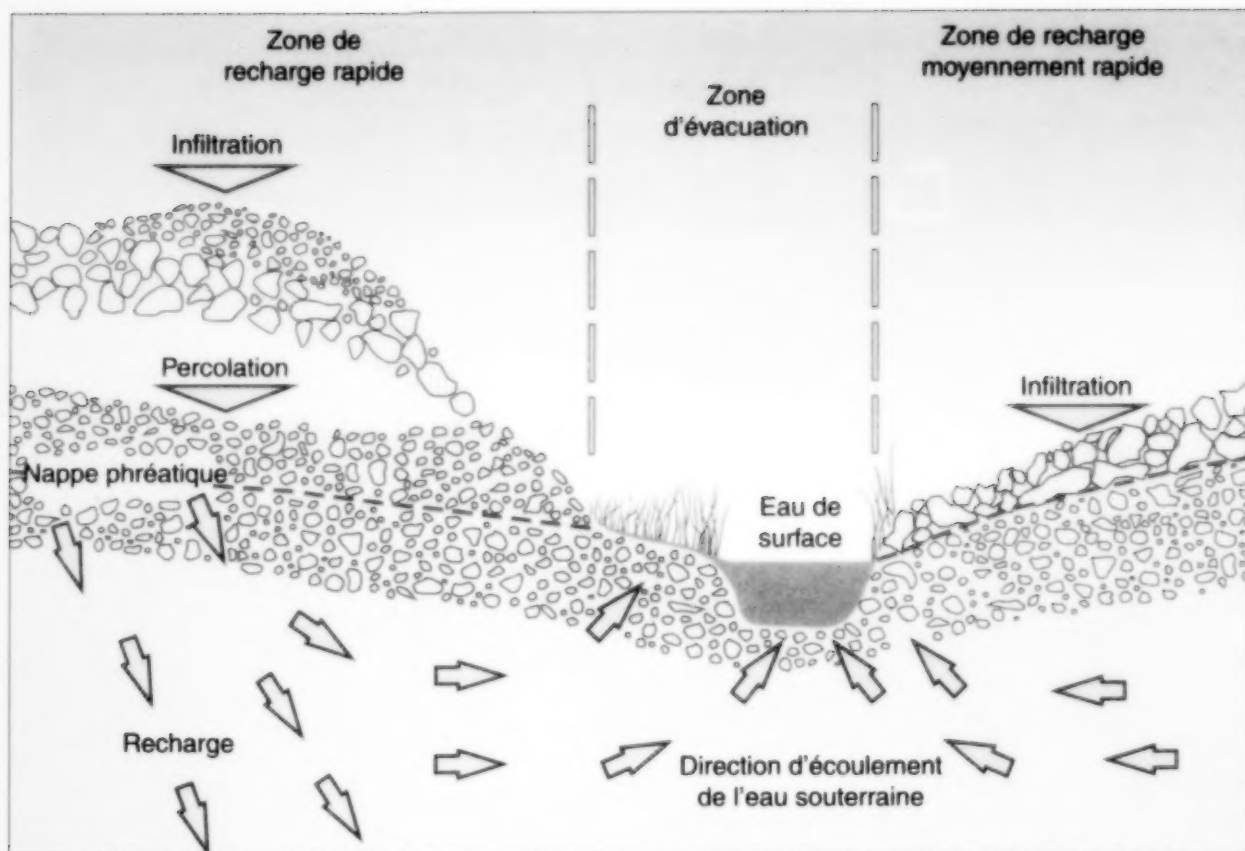
- Les aquifères confinés (à nappe captive), des formations perméables sous-jacentes à un aquitard ou « sandwichées » entre deux aquitards.
- Les aquifères partiellement confinés ou semi-captifs, qui ressemblent à des aquifères confinés, si ce n'est que les aquitards qui les bordent sont plus perméables et se laissent traverser par passablement d'eau.

Les aquifères non confinés sont souvent ceux qu'on retrouve le plus près de la surface du sol et qui sont le plus facilement accessibles. Les aquifères confinés et partiellement confinés sont souvent situés plus profondément dans le sol. Plus un aquifère confiné ou partiellement confiné est profond et plus la couche de matériau qui le recouvre est épaisse, plus cet aquifère et son eau sont protégés des contaminations. Ce point est abordé plus en détails dans la fiche technique n° 06-116 du MAAARO, *Protéger la qualité des réserves d'eaux souterraines*.

La *figure 3* illustre différents aquifères. Dans le cas des aquifères non confinés, la nappe phréatique coïncide avec le dessus de l'aquifère. On parle d'aquifère confiné quand la formation perméable est surmontée d'un aquitard, ou quand elle est confinée entre deux aquitards (tel qu'il est illustré). Un aquifère partiellement confiné ou semi-captif (non illustré) ressemble à un aquifère confiné, sauf que l'un des aquitards qui le bordent est plus perméable et laisse passablement d'eau le traverser et rejoindre l'aquifère.



**Figure 3.** Vue en coupe de différentes formations aquifères.



**Figure 4.** L'eau souterraine s'écoule dans le sol depuis les zones de recharge vers les aquifères plus profonds et les zones d'évacuation dans les eaux de surface.

## ÉCOULEMENT DE L'EAU SOUTERRAINE

L'eau s'infiltré dans le sol et alimente les aquifères plus facilement dans les zones où l'on trouve des dépôts perméables à la surface du sol. Une fois dans l'aquifère, l'eau se déplace plus ou moins rapidement selon la perméabilité, la porosité et d'autres caractéristiques des matériaux qui composent l'aquifère.

L'eau souterraine peut progresser de quelques centimètres à quelques mètres par jour dans les aquifères de sable ou de gravier, et de dizaines de mètres par jour et même davantage dans des aquifères constitués de roches très fracturées. Dans certains aquitards, il arrive que l'eau ne progresse même pas de quelques millimètres par jour.

En général, l'eau souterraine se déplace depuis des zones de recharge vers des zones d'évacuation, ces dernières étant les sources, cours d'eau, lacs, terres humides, etc. L'eau qui s'infiltré dans des terres hautes ou en amont d'une rivière pénètre dans le sol jusqu'à l'aquifère superficiel, puis se déplace horizontalement à travers les différentes formations jusqu'au lit de la rivière, d'où elle est évacuée (figure 4).

Le parcours exact de l'eau peut être complexe. En général, toutefois, l'eau emprunte la trajectoire qui lui offre le moins de résistance et circule à travers les formations les plus perméables. Une partie de l'eau de recharge peut aussi descendre dans le sol, traverser des aquifères non confinés et aller alimenter des aquifères confinés plus profonds. Tôt ou tard, parfois des kilomètres plus loin, l'eau atteint des zones d'évacuation où elle rejoint les eaux de surface.

## ZONES DE RECHARGE

Les zones de recharge permettent à une quantité considérable d'eau de s'infiltrer dans le sol. Parfois, ces zones sont concentrées et ne couvrent qu'une petite partie seulement de la superficie totale du territoire. Là où se trouvent de vastes dépôts de sable et de gravier, 20 % de la superficie du territoire assurent l'infiltration de 80 % des eaux souterraines. Ailleurs, là où le paysage est plat ou dans les sols peu perméables, l'infiltration peut se faire très lentement mais sur une vaste superficie.



## VITESSE DE RECHARGE DES AQUIFÈRES (ÂGE DE L'EAU)

L'âge de l'eau représente le temps que l'eau a mis pour se déplacer de la surface du sol à un point précis du sous-sol. Les scientifiques ont recours à plusieurs méthodes pour déterminer dans quel sens et à quelle vitesse l'eau « voyage », ainsi que son âge.

Dans le cas des puits peu profonds situés dans des aquifères non confinés constitués de matériaux perméables, l'âge de l'eau peut s'exprimer en termes de semaines ou de mois seulement. Par comparaison, l'âge de l'eau peut s'exprimer en années, voire en centaines d'années, dans le cas des puits construits dans des aquifères confinés.

L'importance de l'âge de l'eau dans la protection des puits d'eau privés est expliquée plus en détails dans la fiche technique n° 06-118 du MAAARO, *Les puits d'eau privés en milieu rural*.

## AUTRES SOURCES D'INFORMATION

MAAARO, *Les puits*, série « Pratiques de gestion optimales », BMP 12F.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario, *Well Aware — A Well Owner's Guide* (vidéo en anglais seulement).

Ministère de la Santé et des Soins de longue durée, *Pour garantir la salubrité de l'eau de votre puits — Trousse de documentation pour vous aider à prendre soin de votre puits*, BMP 12KF.

La présente fiche technique a été rédigée par Hugh Simpson, analyste des politiques, MAAARO, Guelph, Brewster Conant, Ph.D., Département des sciences de la terre, Université de Waterloo, et Jim Myslik, ingénieur-hydraulicien, MAAARO, Fergus. Elle a été révisée par Bob Stone, ingénieur en gestion des sols, MAAARO, Brighton, Steward Sweeney, Ph.D., spécialiste de la gestion environnementale, des éléments nutritifs et de leur transport, MAAARO, Guelph, Christoph Wand, spécialiste de la nutrition des bovins de boucherie, des ovins et des caprins, MAAARO, Woodstock, et Mary Jane Conboy, Ph.D., analyste des politiques sur les ressources en eau, Fédération de l'agriculture de l'Ontario.

## NOTES PERSONNELLES

NOTES PERSONNELLES



---

Centre d'information agricole  
1 877 424-1300  
*ag.info.omafr@ontario.ca*

**[www.ontario.ca/maaro](http://www.ontario.ca/maaro)**

---

POD  
ISSN 1198-7138  
Also available in English  
(Order No. 06-111)

